

B1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-187816

(43)Date of publication of application : 04.07.2003

(51)Int.Cl.

H01M 8/00  
 B60L 11/18  
 H01M 8/04  
 H02M 7/48  
 // H01M 8/10

(21)Application number : 2001-385690

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 19.12.2001

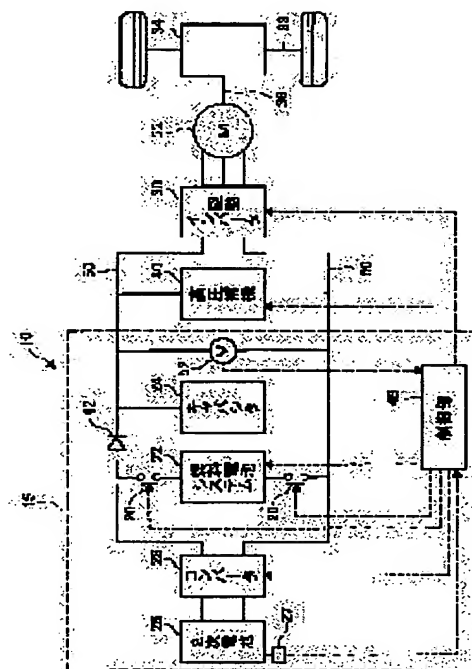
(72)Inventor : SUGIURA HIROSHI  
 ISHIKAWA TETSUHIRO

## (54) POWER SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent decrease of energy efficiency in a power system as a whole, caused by the decrease of the energy efficiency in a fuel cell system in the power system equipped with the fuel battery and a capacitor.

SOLUTION: A power system 15 is equipped with the fuel cell system 22, a capacitor 24 and a secondary battery 26 connecting to a wiring 50 in parallel. If a voltage of the capacitor 24 is lower than that of a first reference voltage, when a switch 20 to switch connection between the wiring 50 supplying power to a load and the fuel batter is in an opened state, the switch 20 is turned into a closed state. If the voltage of the capacitor 24 is at a second reference voltage, which is higher than that of the first reference voltage, or higher than that when the switch 20 is in the closed state, the switch 20 is turned into open state.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3719205

[Date of registration] 16.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-187816

(P2003-187816A)

(43)公開日 平成15年7月4日(2003.7.4)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 M 8/00		H 0 1 M 8/00	A 5H 0 0 7
B 6 0 L 11/18		B 6 0 L 11/18	G 5H 0 2 6
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	P 5H 0 2 7
H 0 2 M 7/48		H 0 2 M 7/48	E 5H 1 1 5
// H 0 1 M 8/10		H 0 1 M 8/10	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-385690(P2001-385690)

(22)出願日 平成13年12月19日(2001. 12. 19)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 杉浦 浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 石川 哲浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 1100000028

特許業務法人明成国際特許事務所

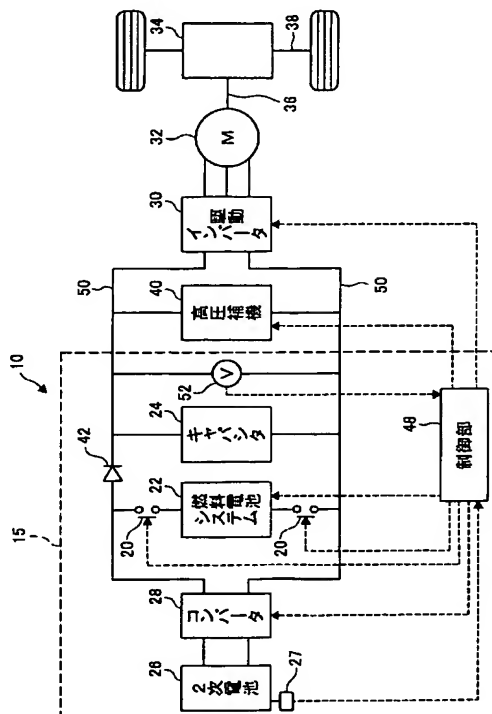
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 電源装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池とキャパシタとを備える電源装置において、燃料電池システムのエネルギー効率が低下するの  
に起因して電源装置全体のエネルギー効率が低下するのを  
防止する。

【解決手段】 電源装置１５は、配線５０に対して並列に接続される燃料電池システム２２とキャパシタ２４と２次電池２６とを備える。負荷に電力を供給する配線５０と燃料電池との間の接続を入り切りするスイッチ２０が開状態のときに、キャパシタ２４の電圧が第１の基準電圧よりも小さいときには、スイッチ２０を閉状態とする。スイッチ２０が閉状態のときに、キャパシタ２４の電圧が、第１の基準電圧よりも高い第２の基準電圧以上のときには、スイッチ２０を開状態とする。



**BEST AVAILABLE COPY**

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の負荷に電力を供給する電源装置であって、  
前記負荷に電力を供給する配線に対して並列に接続された燃料電池およびキャパシタと、  
前記燃料電池と前記配線との間の接続を入り切りするスイッチと、  
前記キャパシタの電圧を検出する電圧計と、  
前記スイッチが開状態のときに、前記キャパシタの電圧が第 1 の基準電圧よりも小さいときには、前記スイッチを閉状態とする指示を出力し、前記スイッチが閉状態のときに、前記キャパシタの電圧が、前記第 1 の基準電圧よりも高い第 2 の基準電圧以上のときには、前記スイッチを開状態とする指示を出力する制御部とを備える電源装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の電源装置であって、  
前記配線に対して、前記燃料電池および前記キャパシタと並列に接続され、前記燃料電池の出力電圧を制御するコンバータと前記コンバータを介して前記配線に接続された 2 次電池と、  
をさらに備える電源装置。

【請求項 3】 所定の負荷に電力を供給する配線に対して並列に接続された燃料電池およびキャパシタを備える電源装置の運転方法であって、

- (a) 前記キャパシタの電圧を検出する工程と、
- (b) 前記負荷に対して前記燃料電池および前記キャパシタが接続されているときに、前記 (a) 工程で検出した電圧値が、第 1 の基準電圧以上となるときには、前記配線に対する前記燃料電池の接続を切断する工程と、
- (c) 前記負荷に対する前記燃料電池の接続が切断されているときに、前記電圧値が、前記第 1 の基準電圧よりも低い第 2 の基準電圧以下となるときには、前記配線に対して前記燃料電池を接続する工程とを備える電源装置の運転方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、燃料電池とキャパシタとを備える電源装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】燃料電池を備える電源装置の利用方法としては、例えば、電気自動車の駆動用電源として用いる方法が提案されている。燃料電池が発電する電力を、電気自動車の駆動モータに供給することで、車両の駆動力を得ることができる。特開平 9-298806 号公報では、このような電源装置として、燃料電池に加えてキャパシタを備えるものが開示されている。キャパシタは、通常の 2 次電池に比べてパワー密度の高い蓄電手段であり、充放電効率も高い蓄電手段である。したがって、キャパシタを備える電源装置を用いると、上記電気自動車の制動時にモータを回生させることで得られるエネルギー

を効率よく回収することによって、システム全体のエネルギー効率を向上させることが可能となる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、燃料電池を備える燃料電池システムは、燃料電池の出力特性によって、低出力時には燃料電池システム全体のエネルギー効率が大きく低下するという性質を有している。すなわち、燃料電池システムは、燃料電池に対する燃料供給に関わる各種ポンプなどの補機類を備えるが、燃料電池が発電を行なう際には、その発電量が小さいときほど、発電量に対する上記補機類の電力消費量の割合が大きくなる。そのため、低出力時には燃料電池システムのエネルギー効率が低下する。そこで、上記のようにキャパシタを備える電源装置においては、燃料電池システムの効率が低下する低出力時においても、システム全体のエネルギー効率を十分に確保する構成が望まれていたが、そのような動作については、十分な検討がなされていなかった。

【0004】本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、燃料電池とキャパシタとを備える電源装置において、燃料電池システムのエネルギー効率が低下するのに起因して電源装置全体のエネルギー効率が低下するのを防止する技術を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記目的を達成するために、本発明は、所定の負荷に電力を供給する電源装置であって、前記負荷に電力を供給する配線に対して並列に接続された燃料電池およびキャパシタと、前記燃料電池と前記配線との間の接続を入り切りするスイッチと、前記キャパシタの電圧を検出する電圧計と、前記スイッチが開状態のときに、前記キャパシタの電圧が第 1 の基準電圧よりも小さいときには、前記スイッチを閉状態とする指示を出力し、前記スイッチが閉状態のときに、前記キャパシタの電圧が、前記第 1 の基準電圧よりも高い第 2 の基準電圧以上のときには、前記スイッチを開状態とする指示を出力する制御部とを備えることを要旨とする。

【0006】本発明の電源装置によれば、キャパシタに並列に接続された燃料電池が発電を行なう際には、負荷要求が小さくなるほど、上記キャパシタ電圧が上昇する。キャパシタ電圧が上昇して第 2 の基準電圧よりも高くなると、所定の負荷に電力を供給する配線と燃料電池との間の接続を入り切りするスイッチが開状態となる。これによって、燃料電池は発電を停止し、キャパシタが負荷に電力を供給するようになる。キャパシタは、放電によって電圧が低下する。キャパシタが負荷に電力供給して、その電圧が、第 2 の基準電圧よりも低い第 1 の基準電圧よりも低くなると、上記スイッチが閉状態となる。これによって、燃料電池は再び負荷に対して電力供給を行なうようになる。

【0007】燃料電池システムは、負荷要求が小さいときにはそのシステム効率が低下するという性質を有する。そのため、上記基準電圧を、燃料電池システムのシステム効率に応じて設定することによって、効率が低下する状態では燃料電池の発電を停止することができ、装置全体のエネルギー効率を向上させることができる。このような制御をキャパシタ電圧に基づいて行なう際に、上記第2の基準電圧を第1の基準電圧よりも高く設定することで、スイッチの入り切りの動作においてハンチングを防止することができる。

【0008】このような本発明の電源装置において、前記配線に対して、前記燃料電池および前記キャパシタと並列に接続され、前記燃料電池の出力電圧を制御するコンバータと前記コンバータを介して前記配線に接続された2次電池と、をさらに備えることとしても良い。

【0009】本発明は、上記以外の種々の形態で実現可能であり、例えば、電源装置の運転方法や、電源装置を備える電気自動車などの形態で実現することが可能である。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

A. 装置の全体構成：

B. 定常運転モードにおける動作：

C. 回生運転モードにおける動作：

D. 間欠運転モードにおける動作：

E. 第2実施例の電気自動車110：

F. 変形例：

【0011】A. 装置の全体構成：図1は、本発明の第1実施例である電気自動車10の構成の概略を表わすブロック図である。電気自動車10は、電源装置15を備えており、電源装置15から電力を供給される負荷として、高圧補機40と、駆動インバータ30を介して電源装置15に接続される駆動モータ32とを備えている。これら電源装置15と負荷との間には、配線50が設けられており、この配線50を介して、電源装置15と負荷との間で電力がやり取りされる。

【0012】電源装置15は、燃料電池システム22と、キャパシタ24と、2次電池26とを備えている。燃料電池システム22は、後述するように発電の本体である燃料電池を備えている。この燃料電池システム22が備える燃料電池とキャパシタ24とは、上記配線50に対して並列に接続されている。この配線50には、燃料電池へ電流が逆流するのを防止するためのダイオード42がさらに設けられている。さらに、配線50には、この配線50に対する燃料電池の接続状態を入り切りするスイッチ20が設けられている。また、配線50は、DC/DCコンバータ28に接続しており、このDC/DCコンバータ28を介して、2次電池26は配線50に接続している。また、このような電源装置15にお

る電圧を測定するために、配線50には、電圧計52がさらに設けられている。

【0013】図2は、燃料電池システム22の構成の概略を表わす説明図である。燃料電池システム22は、燃料電池60と、燃料ガス供給部61と、ブロワ64とを備えている。本実施例では、燃料電池60として、固体高分子型燃料電池を用いた。燃料ガス供給部61は、内部に水素を貯蔵し、水素ガスを燃料ガスとして燃料電池60に供給する装置である。燃料ガス供給部61は、例えば、水素ポンペを備えることとすればよい。あるいは、水素吸蔵合金を内部に有する水素タンクを備えることとし、上記水素吸蔵合金に水素を吸蔵させることによって水素を貯蔵することとしても良い。このような燃料ガス供給部61が貯蔵する水素ガスは、水素ガス供給路62を介して燃料電池60のアノードに供給され、電気化学反応に供される。電気化学反応で利用されなかった残りの水素ガスは、水素ガス排出路63に排出される。水素ガス排出路63は、水素ガス供給路62に接続しており、残余の水素ガスは再び電気化学反応に供される。また、ブロワ64が取り込んだ圧縮空気は、酸化ガス供給路65によって、酸化ガスとして燃料電池60のカソードに供給される。燃料電池60から排出されるカソード排ガスは、カソード排ガス路66に導かれて外部に排出される。なお、燃料電池システム22において、水素ガスあるいは空気を加湿する加湿器を、水素ガス供給路62や酸化ガス供給路65にさらに設けることとしても良い。

【0014】2次電池26としては、鉛蓄電池や、ニッケルカドミウム蓄電池、ニッケル水素蓄電池、リチウム2次電池など種々の2次電池を用いることができる。この2次電池26は、燃料電池システム22の始動時に、燃料電池システム22の各部を駆動するための電力を供給したり、燃料電池システム22の暖機運転が完了するまでの間、各負荷に対して電力を供給する。また、燃料電池60が定常状態で発電を行なうときにも、負荷が所定の値よりも大きくなる場合には、2次電池26によって電力を補う。

【0015】また、2次電池26には、2次電池26の残存容量(SOC)を検出するための残存容量モニタ27が併設されている。本実施例では、残存容量モニタ27は、2次電池26における充電・放電の電流値と時間とを積算するSOCメータとして構成されている。あるいは、残存容量モニタ27は、SOCメータの代わりに電圧センサによって構成することとしてもよい。2次電池26は、その残存容量が少なくなるとつれて電圧値が低下するという性質を有しているため、電圧を測定することによって2次電池26の残存容量を検出することができる。

【0016】DC/DCコンバータ28は、目標電圧値を設定することによって、燃料電池60からの出力電圧

を調節し、燃料電池60の発電量を制御する。また、DC/DCコンバータ28は、2次電池26と配線50との接続状態を制御するスイッチとしての役割も果たしており、2次電池26において充放電を行なう必要のないときには、2次電池26と配線50との接続を切断する。

【0017】電源装置15から電力の供給を受ける負荷の一つである駆動モータ32は、同期モータであって、回転磁界を形成するための三相コイルを備えている。この駆動モータ32は、駆動インバータ30を介して配線50に接続し、電源装置15から電力の供給を受ける。駆動インバータ30は、上記モータの各相に対応してスイッチング素子としてのトランジスタを備えるトランジスタインバータである。駆動モータ32の出力軸36は、減速ギヤ34を介して車両駆動軸38に接続している。減速ギヤ34は、駆動モータ32が出力する動力を、その回転数を調節した上で車両駆動軸38に伝える。

【0018】また、他の負荷である高圧補機40は、電源装置15から供給される電力を、300V以上の電圧のまま利用する装置である。高圧補機40としては、例えば、燃料電池60に空気を供給するためのブロワ64（図2参照）や、水素ガス排出路63と水素ガス供給路62との間で水素ガスを循環させるための水素ポンプ（図示せず）が挙げられる。さらに、燃料電池60を冷却するために、燃料電池60内部に冷却水を循環させるための冷却ポンプ（図示せず）も、高圧補機40に含まれる。これらの装置は、燃料電池システム22に含まれる装置であるが、図1においては、電源装置15の外側に、高圧補機40として示した。さらに、高圧補機40としては、燃料電池システム22に含まれるものの他に、例えば電気自動車10が備える空調装置（エアコン）が含まれる。

【0019】また、電気自動車10は、制御部48をさらに備えている。制御部48は、マイクロコンピュータを中心とした論理回路として構成され、詳しくは、予め設定された制御プログラムに従って所定の演算などを実行するCPUと、CPUで各種演算処理を実行するのに必要な制御プログラムや制御データ等が予め格納されたROMと、同じくCPUで各種演算処理をするのに必要な各種データが一時的に読み書きされるRAMと、各種の信号を入出力する入出力ポート等を備える。この制御部48は、既述した電圧計52による検出信号や、残存容量モニタ27が出力する信号、あるいは、車両の運転に関して入力される指示信号を取得する。また、DC/DCコンバータ28、スイッチ20、燃料電池システム22、駆動インバータ30、高圧補機40などに駆動信号を出力する。

【0020】B. 定常運転モードにおける動作：本実施例の電気自動車10では、車両の駆動に要するエネルギー

は主として燃料電池システム22によって供給される。ここでは、燃料電池システム22の暖機運転が完了した後に、燃料電池60が、負荷の大きさに応じた電力を発電するような運転状態を、定常運転モードと呼ぶこととする。電気自動車10の運転時には、制御部48が、車両における車速やアクセル開度に基づいて、所望の走行状態を実現するために必要な電力を算出する。電気自動車10が定常運転モードとなっているときには、制御部48は、上記必要な電力に加えて、高圧補機40が要求する電力や、2次電池26の残存容量にさらに基づいて、燃料電池60が出力すべき電力を算出する。図3に、燃料電池60における出力電流と、出力電圧あるいは出力電力との関係を示す。図3に示すように、燃料電池60から出力すべき電力 $P_{FC}$ が定まれば、そのときの燃料電池60の出力電流の大きさ $I_{FC}$ が定まる。燃料電池60の出力特性より、出力電流 $I_{FC}$ が定まれば、そのときの燃料電池60の出力電圧 $V_{FC}$ が定まる。制御部48が、DC/DCコンバータ28に対して、このようにして求めた出力電圧 $V_{FC}$ を目標電圧として指令することによって、燃料電池60の発電量が所望量となるように制御する。なお、図3に示したような、燃料電池60の出力電流に対する出力電圧の値、あるいは出力電力の値は、燃料電池60の内部温度によって変化する。したがって、上記のように燃料電池60の出力電圧（目標電圧） $V_{FC}$ を定めるときには、燃料電池60の内部温度をさらに考慮することが望ましい。

【0021】本実施例の電気自動車10では、負荷の大きさが所定の値以上であって、2次電池26の残存容量が十分に大きい場合には、2次電池26からも負荷に対して電力が供給される。このような場合には、制御部48は、2次電池26からも電力が供給されることを考慮して、燃料電池60が出力すべき電力を決定し、DC/DCコンバータ28における目標電圧を設定する。図3に示すように、燃料電池60の出力電圧は、負荷が大きく出力電流が大きいほど低くなる。また、2次電池26は、残存容量が大きいほど、その出力電圧が高くなるという性質を有している。そのため、このような場合には、DC/DCコンバータ28における目標電圧は、2次電池26の出力電圧よりも低い値となる。これによって、2次電池26からも、高圧補機40あるいは駆動モータ32に対して電力が供給されるようになる。

【0022】これに対して、2次電池26の残存容量が所定の値以下になると、2次電池26を充電する必要がある。このとき、負荷の大きさがある程度小さく、燃料電池60の出力に余裕がある場合には、燃料電池60によって2次電池26の充電が行なわれる。2次電池26の充電を行なう場合には、負荷に対して供給すべき電力に加えて、この2次電池26を充電するための電力が得られるように、燃料電池60が出力すべき電力が決定される。すなわち、このような場合には、電源装置15

を構成する2次電池26もまた、負荷として働く。2次電池26は、残存容量が少ないほど、その出力電圧が低くなるという性質を有している。そのため、このような場合には、DC/DCコンバータ28において設定される目標電圧は、2次電池26の出力電圧よりも高い値となる。これによって、燃料電池60は、高圧補機40あるいは駆動モータ32に対して電力が供給するほかに、2次電池26の充電を行なうようになる。

【0023】また、本実施例の電気自動車10では、定常運転モードとなっているときには、キャパシタ24も充放電を繰り返す。既述したように、キャパシタ24は、これに残存する電荷量と出力電圧とが1対1に対応しており、残存する電荷量が多いときほど出力電圧が高く、少ないときほど出力電圧が低くなる。このようなキャパシタ24は、図1に示すように、配線50に対して燃料電池60と並列に接続されている。そのため、燃料電池60の発電時に負荷の大きさが変動して配線50における電圧が変動すると、キャパシタ電圧は、配線50の電圧と等しくなるようにして充放電を行なう。すなわち、配線50の電圧が上昇するときには、キャパシタ24が燃料電池60から電力の供給を受けることによって、キャパシタ電圧は配線50の電圧に等しくなる。また、配線50の電圧が低下するときには、キャパシタ24が燃料電池60と共に負荷に対して電力を供給することによって、キャパシタ電圧は配線50の電圧に等しくなる。

【0024】C. 回生運転モードにおける動作：電気自動車10では、制動時（車両の走行時に運転者がブレーキを踏み込む動作を行なったとき）には、駆動モータ32を発電機として用いることによって、車軸の有する運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、これを回収する。このように、制動時にエネルギーを回収する運転状態を、回生運転モードと呼ぶ。本実施例では、このような回生運転モードにおいて電力として回収されるエネルギーは、キャパシタ24によって吸収する。キャパシタ24は、上記2次電池26に比べてパワー密度の高い蓄電手段であり、充放電効率も高い蓄電手段である。すなわち、短時間のうちに充放電可能な電力量が多い。したがって、車両の運転者がブレーキを踏み込むような短い制動時間に回生運転モードを実行する際に、キャパシタ24を用いることで、回生によって生じた電力を効率よく回収することができる。

【0025】電気自動車10において、回生運転モードとなって駆動モータ32が発電する際には、駆動モータ32側から駆動インバータ30を介して配線50に対して電力が供給される。本実施例では、このような回生運転モード時に駆動モータ32から配線50に対して電力が供給されるときに電圧は、定常運転モード時に燃料電池60から電力が供給される際の配線50の電圧の上限よりも高くなるように設定されている。そのため、回生

運転モード時には、駆動モータ32側から配線50に電力が供給される際の電圧は、キャパシタ24の電圧よりも高くなるため、上記電力が供給されることで、キャパシタ24に電荷が蓄積される。このように電荷が蓄積されることによって、キャパシタ24の電圧は上昇する。

【0026】上記回生運転モードが終了して、電気自動車10において、加速の指示が入力されると、再び燃料電池60から駆動モータ32への電力の供給が開始される。このように回生運転モードが終了したときには、回生時に電荷が蓄積されて定常運転モード時における配線50の電圧以上に昇圧しているキャパシタ24から、駆動モータ32に対して直ちに電力が供給される。パワー密度が高いキャパシタ24を用いることによって、加速時における要求の負荷の増加率が高いときにも、駆動モータ32への供給電力量の増加の反応性を十分に高く確保することができる。このように、キャパシタ24が放電することでその残存電荷量が低下し、キャパシタ24の電圧が低下して、キャパシタ24は、次の回生運転モード時には再び電荷を蓄積可能な状態に戻る。

【0027】D. 間欠運転モードにおける動作：本実施例の電気自動車10では、定常運転モードによる電力供給を行なうと、燃料電池システム22のエネルギー効率が望ましくない程度に低下してしまう場合には、燃料電池60による発電を停止する制御を行なう。このような、負荷に電力を供給する際に燃料電池60の発電を停止する運転状態を、以下、間欠運転モードと呼ぶ。

【0028】図4は、燃料電池60の出力の大きさと、エネルギー効率との関係を表わす説明図である。図4

(A)は、燃料電池60の効率および燃料電池補機が要する動力と、燃料電池60の出力との関係を示す。燃料電池補機とは、燃料電池60による発電を行なうために用いる補機類のことである。例えば、既述したブロワ64や水素ポンプあるいは冷却水ポンプなどがこれに相当する。図4(B)は、燃料電池60の出力と、燃料電池システム22全体の効率との関係を示す。図4(A)に示すように、燃料電池60の出力が大きくなるほど、燃料電池60の効率は次第に低下する。また、燃料電池60の出力が大きくなるほど、補機動力、すなわち補機を駆動するために消費するエネルギーが大きくなる。図4

(A)に示した燃料電池60の効率と補機動力に基づいて、燃料電池システム22全体の効率を求めると、図4(B)に示すように、システム効率は、燃料電池60の出力が所定の値のときに最も高くなる。

【0029】燃料電池補機の消費電力の大きさは、駆動モータ32の消費電力の大きさに比べてはるかに小さい。しかしながら、燃料電池60の出力が小さいときには、発電によって得られる電力量に比べて、発電のために燃料電池補機が消費する電力量の割合が大きくなる。そのため、図4(B)に示すように、燃料電池60の出力が小さいときには、燃料電池システム22全体のエネ



ルギ効率が低くなる。本実施例の電気自動車10では、燃料電池システム22全体の効率が悪くなる低負荷時には燃料電池60を停止するという間欠運転モードを採用することによって、エネルギー効率が低下するのを防止している。

【0030】図5は、電気自動車10が起動されたときに制御部48で実行される間欠運転判断処理ルーチンを表わすフローチャートである。本ルーチンが実行されると、制御部48は、まず、電気自動車10の運転モードを判断する(ステップS110)。このステップS110において定常運転モードと判断すると、次に、電圧計52が検出する配線50の電圧値 $V_c$ を読み込む(ステップS110)。そして、この電圧値 $V_c$ と、予め定めた所定の基準電圧値 $V_2$ とを比較する(ステップS120)。なお、基準電圧値 $V_2$ とは、上記間欠運転モードに切り替えるか否かの判断を行なうための基準として、予め制御部48内に記憶したものである。

【0031】ステップS120において、配線50の電圧値 $V_c$ が基準電圧値 $V_2$ よりも小さいと判断されるときには、燃料電池システム22全体のエネルギー効率が許容できる程度であると判断され、ステップS110に戻る。その後、配線50の電圧値 $V_c$ が基準電圧値 $V_2$ 以上となるまで、ステップS110およびステップS120の動作を繰り返す。このとき、電気自動車10は、定常運転モードを維持する。

【0032】ステップS120において、配線50の電圧値 $V_c$ が基準電圧値 $V_2$ 以上であると判断されると、制御部48は、スイッチ20に駆動信号を出力してこれを開状態とする(ステップS130)。このようにスイッチ20を開状態とすると、燃料電池60の負荷に対する接続が切断されるため、燃料電池60は、発電を停止する。また、このとき、負荷に対しては、キャパシタ24から電力が供給されるようになり、間欠運転モードが開始される。キャパシタ24は、既述したようにパワー密度が高く、充放電効率も高いため、スイッチ20が切断されたときには、速やかに負荷が要求する電力を出力することができる。

【0033】間欠運転モードになると、再び、電圧計52が検出する配線50の電圧値 $V_c$ の読み込みを行なう(ステップS140)。次に、ステップS140で読み込んだ電圧値 $V_c$ と、基準電圧値 $V_1$ とを比較する(ステップS150)。ここで、基準電圧値 $V_1$ とは、間欠運転モードから通常運転モードに切り替えるか否かの判断を行なうための基準として、予め制御部48内に記憶したものであり、既述した基準電圧値 $V_2$ よりも低い値として設定されている。ステップS150において、配線50の電圧値 $V_c$ が基準電圧値 $V_1$ よりも大きいときには、ステップS140に戻る。そして、配線50の電圧値 $V_c$ が基準電圧値 $V_1$ 以下になるまで、ステップS140およびステップS150の動作を繰り返す。

【0034】ステップS150において、配線50の電圧値 $V_c$ が基準電圧値 $V_1$ 以下であると判断されると、制御部48は、スイッチ20に駆動信号を出力してこれを閉状態とし(ステップS160)、本ルーチンを終了する。このようにスイッチ20を閉状態とすると、燃料電池60は負荷に対して再び接続され、燃料電池60は、発電を再開する。これによって、電気自動車10は、間欠運転モードから定常運転モードに切り替わる。なお、このような切り替えが行なわれるときには、DC/DCコンバータ28において、目標電圧が上記基準電圧値 $V_1$ に設定される。そのため、上記切り替え時には、燃料電池60の出力電圧値は $V_1$ となり、その後、負荷要求に応じた電力を出力するように、通常の電圧制御が行なわれる。

【0035】なお、図5の間欠運転判断処理ルーチンでは、定常運転モードと間欠運転モードとの間の切り替え動作について示したが、このような制御を行なっているときに制動要求があると(車両ブレーキが踏まれると)、回生運転モードになる。このように回生運転モードとなるときには、通常は駆動モータの出力要求はないため、負荷要求は極めて小さい状態となっている。したがって、回生運転モードは、通常は間欠運転モード(スイッチ20が開状態となっているとき)において出現する運転状態である。

【0036】図6は、定常運転モードと間欠運転モードとが交互に切り替わるときの、燃料電池60の出力電圧およびキャパシタ24の電圧を示す説明図である。ステップS130においてスイッチ20を切断し、定常運転モードから間欠運転モードに切り替わるときを、図6に「OFF」と記載して示す。また、ステップS160においてスイッチ20を接続し、間欠運転モードから定常運転モードに切り替わるときを、図6に「ON」と記載して示した。

【0037】燃料電池60とキャパシタ24とは、配線50に対して並列に接続されているため、定常運転モードにおいては、両者の電圧は一致する。したがって、定常運転モードでは、電圧計52が検出する電圧は、これら燃料電池60およびキャパシタ24の出力電圧である。これに対して、燃料電池60の発電が停止する間欠運転モードにおいては、電圧計52が検出する電圧は、キャパシタ24の出力電圧となる。図6に示すように、間欠運転モード時には燃料電池60の出力電圧は、定常運転モード時に比べて高い一定値となるが、この値は、燃料電池60の開放電圧である。

【0038】定常運転モードでは、燃料電池60およびキャパシタ24の出力電圧は、負荷要求に従って変動する。すなわち、負荷要求が大きくなると、燃料電池60からの出力がより大きくなるため、出力電圧は低下する。また、負荷要求が小さくなると、燃料電池60からの出力がより小さくなるため、出力電圧は上昇する。負

荷要求が小さくなって、出力電圧が  $V_1$  になると、スイッチ 20 が閉状態となって、定常運転モードから間欠運転モードに切り替わる。間欠運転モードに切り替わると、上記したように、燃料電池 60 とキャパシタ 24 とで異なる電圧値を示すようになる。

【0039】図 6 において、定常運転モードから間欠運転モードに切り替わった後に、キャパシタ電圧が上昇している状態は、回生運転モードであることを示す。すなわち、このときには、回生された電力によってキャパシタ 24 が充電されている。図 6 に示すように、回生運転時には、定常運転モードに比べてキャパシタ電圧がより高い値にまで上昇する。

【0040】制動要求のない通常の間欠運転モードでは、キャパシタ 24 から負荷に対して電力供給が行なわれ、このような放電と共に、キャパシタ電圧は低下する。キャパシタ電圧が低下してキャパシタ電圧が  $V_2$  になると、スイッチ 20 が閉状態となって、間欠運転モードから定常運転モードに切り替わる。定常運転モードに切り替わると、燃料電池 60 の出力電圧とキャパシタ 24 の電圧とは、再び一致するようになる。そして、負荷要求に応じて、出力電圧は変動する。

【0041】なお、間欠運転モード時には、上記のようにキャパシタ 24 から負荷に対して電力を供給するだけでなく、さらに 2 次電池 26 から負荷に対して電力を供給することとしても良い。間欠運転モードとすべき低負荷状態が長く続くときや、2 次電池 26 の残存容量が十分に多いときには、キャパシタ 24 に加えて、さらに 2 次電池 26 を用いることとしてもよい。

【0042】以上のように構成された実施例によれば、燃料電池とキャパシタとを配線に対して並列に接続した電源装置 15 において、配線 50 の電圧（キャパシタ電圧）に基づいてスイッチ 20 の入り切りを行なう際に、切断時の基準とする電圧を接続時の基準とする電圧よりも高く設定している。したがって、通常運転モードと間欠運転モードとを切り替えてエネルギー効率を向上させる動作を、効果的に実行することができる。

【0043】定常運転モードから間欠運転モードに切り

$$(1/2) C V_1^2 - (1/2) C V_c^2 = P_0 \times T \quad \cdots (2)$$

ただし、 $C$  は、キャパシタ容量。

【0048】(3) 式に示すように、このようなキャパシタ電圧  $V_c$  を、基準電圧  $V_2$  とする。

$$V_2 = V_c \quad \cdots (3)$$

【0049】これによって、定常運転モードから間欠運転モードに切り替えた後、約  $T$  秒間は、キャパシタ 24 によって間欠運転時に要する出力を確保することができる。

【0050】E. 第 2 実施例の電気自動車 110：上記第 1 実施例の電気自動車 10 は、2 次電池 26 を備えることとしたが、燃料電池とキャパシタを備えるが 2 次電池を備えない電源装置においても、本発明を適用するこ

替えたときに、キャパシタ 24 が放電を始めると、キャパシタ電圧は放電によって直ちに低下する。そのため、スイッチ 20 の切断の基準にする電圧と接続の基準にする電圧とを等しく設定したときには、いわゆるハンチングが起こり、定常運転モードと間欠運転モードとを切り替える動作が不安定となるおそれがある。すなわち、キャパシタ電圧が基準電圧を超えて、定常運転モードから間欠運転モードに切り替えても、その後直ちにキャパシタが放電すると、運転モードの切り替え直後にキャパシタ電圧が基準電圧よりも低下して、再び運転モードの切り替えを行なう必要が生じてしまう。

【0044】これに対して、本実施例では、スイッチ 20 の切断時の基準とする電圧を、接続時の基準とする電圧よりも高く設定しているため、上記ハンチングが生じるのを防止することができる。図 7 は、キャパシタ電圧と運転モードとの関係を示す説明図である。このように、スイッチ 20 の入り切りの基準においてヒステリシスを設けることで、ハンチングを起こすことなく、運転モードの切り替えの動作を安定して行なうことができる。

【0045】なお、基準電圧  $V_1$  および  $V_2$  は、間欠運転モードへの切り替えを行ないたいときの燃料電池 60 の出力電圧や、間欠運転モードにおいて確保したいキャパシタ 24 からの出力などに応じて適宜設定すればよい。以下に一例を示す。

【0046】例えば、燃料電池システム 22 のエネルギー効率が  $E_0$  よりも低下するときには間欠運転モードを採用したいとすると、図 4 (B) より、このときの燃料電池 60 の出力  $P_0$  が求められる。また、図 3 に基づいて、このときの燃料電池 60 の出力電流  $I_0$  および出力電圧  $V_0$  が求められる。(1) 式に示すように、この電圧  $V_0$  を、基準電圧  $V_1$  とする。

$$V_1 = V_0 \quad \cdots (1)$$

【0047】キャパシタ電圧が  $V_1$  であるときに、キャパシタ単独で  $P_0$  の出力を  $T$  秒間維持したときのキャパシタ電圧  $V_c$  は、以下に示す (2) 式より求めることができる。

$$(1/2) C V_1^2 - (1/2) C V_c^2 = P_0 \times T \quad \cdots (2)$$

とができる。図 8 は、第 2 実施例の電気自動車 110 の構成を表わす説明図である。図 8 において、図 1 の電気自動車 10 と共通する部分には同じ参照番号を付して説明を省略する。

【0051】電気自動車 110 は、電源装置 115 を備えている。電源装置 115 は、燃料電池システム 22 と、キャパシタ 24 とを備え、2 次電池は備えない。また、電気自動車 110 は、電源装置 115 から電力供給を受ける負荷として、駆動モータ 32 と、高圧補機 40 と、低圧補機 46 を備える。低圧補機 46 とは、例えば、燃料電池 60 に燃料ガスや酸化ガスや冷却水を給排する流路に設けた流量調節バルブ等であって、降圧 DC



／DCコンバータ44を介して、配線50に接続している。このような低圧補機46は、駆動モータ32や高圧補機とは異なり駆動電圧が低いため、電源装置115から電力を供給する際には、降圧DC／DCコンバータ44が、電圧を12V程度に下げる。負荷が変動して配線50の電圧が変動するときには、電圧計52の検出信号に基づいて制御部48が降圧DC／DCコンバータ44を駆動して、低圧補機46に電力供給する際の電圧は略一定に保たれる。なお、低圧補機46および降圧DC／DCコンバータ44は、既述した第1実施例の電気自動車10では、記載を省略した。

【0052】また、電源装置115においては、キャパシタ24と配線50との間の接続を入り切りするスイッチ23が設けられている。このスイッチ23は、電源装置115の停止時に切断され、電源装置115の起動時に接続される。これによって、電源装置115が停止している間は、キャパシタ24に所定の電荷が蓄積された状態が保たれる。そして、電源装置115の起動時には、スイッチ23が接続され、燃料電池60から所望量の電力が得られるようになるまで、キャパシタ24から各負荷に対して電力が供給される。スイッチ23は、電源装置115の稼働中は、通常は閉状態となっている。

【0053】このような電気自動車110においても、間欠運転モード時に、キャパシタ24の電圧が第1の基準電圧よりも小さいときには定常運転モードに切り替え、定常運転モード時に、キャパシタ24の電圧が第1の基準電圧よりも高い第2の基準電圧以上のときには、間欠運転モードに切り替えることで、同様の効果を得ることができる。

【0054】E. 変形例：なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0055】E1. 変形例1：第1および第2実施例では、配線50に対する燃料電池60の接続を入り切りするスイッチ20は、燃料電池60の2つの端子のそれぞれに対して設けたが、どちらか一方だけにスイッチを設けることとしても良い。間欠運転モードにおいて、燃料電池60からの出力を、停止させることができればよい。

【0056】E2. 変形例2：既述した実施例では、燃料電池システム22は、燃料ガスとして水素ガスを用いることとした。これに対して、燃料ガスとして、改質ガスを用いる構成も可能である。このような場合には、図2に示した燃料電池システム22において、燃料ガス供給部61として、水素を貯蔵する装置に代えて、改質ガスを生成する装置を備えることとすればよい。具体的には、改質反応に供する改質燃料および水を貯蔵するタン

クや、改質触媒を備える改質器、さらに、改質ガス中の一酸化炭素濃度を低減するための反応を促進する触媒を備える反応部などを備えることとすればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例である電気自動車10の構成の概略を表わすブロック図である。

【図2】燃料電池システム22の構成の概略を表わす説明図である。

【図3】燃料電池60における出力電流と、出力電圧あるいは出力電力との関係を示す説明図である。

【図4】燃料電池60の出力の大きさと、エネルギー効率との関係を表わす説明図である。

【図5】間欠運転判断処理ルーチンを表わすフローチャートである。

【図6】定常運転モードと間欠運転モードとが交互に切り替わるときの、燃料電池60の出力電圧およびキャパシタ24の電圧を示す説明図である。

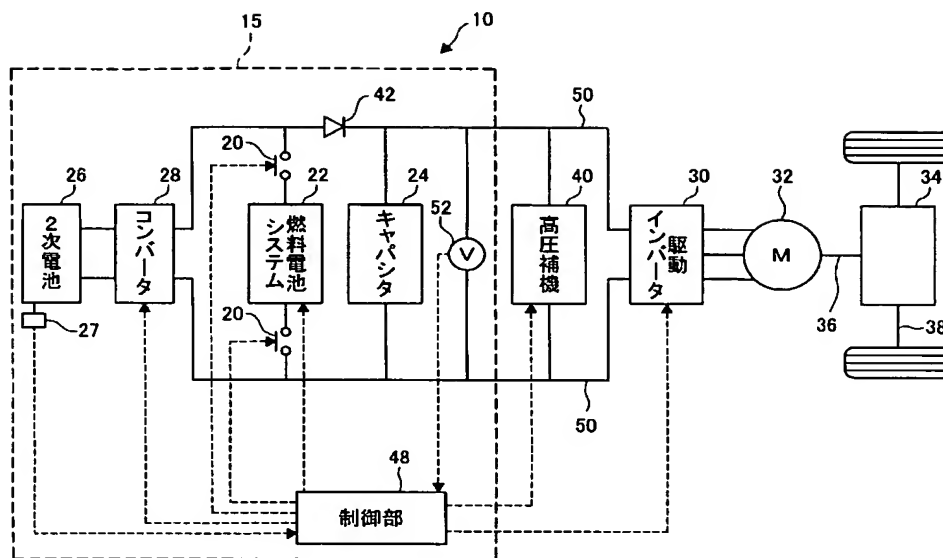
【図7】キャパシタ電圧と運転モードとの関係を示す説明図である。

【図8】第2実施例の電気自動車110の構成を表わす説明図である。

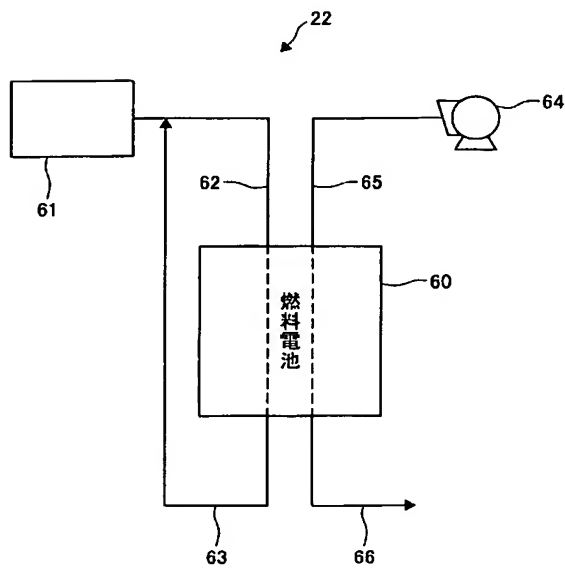
【符号の説明】

10、110…電気自動車  
15、115…電源装置  
20、23…スイッチ  
22…燃料電池システム  
24…キャパシタ  
27…残存容量モニタ  
28…DC／DCコンバータ  
30…駆動インバータ  
32…駆動モータ  
34…減速ギヤ  
36…出力軸  
38…車両駆動軸  
40…高圧補機  
42…ダイオード  
44…降圧DC／DCコンバータ  
46…低圧補機  
48…制御部  
50…配線  
52…電圧計  
60…燃料電池  
61…燃料ガス供給部  
62…水素ガス供給路  
63…水素ガス排出路  
64…ブロワ  
65…酸化ガス供給路  
66…カソード排ガス路

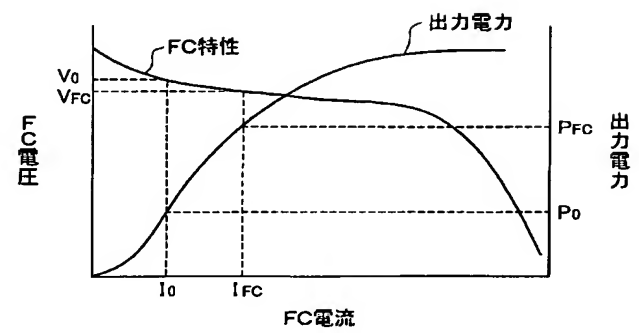
【図1】



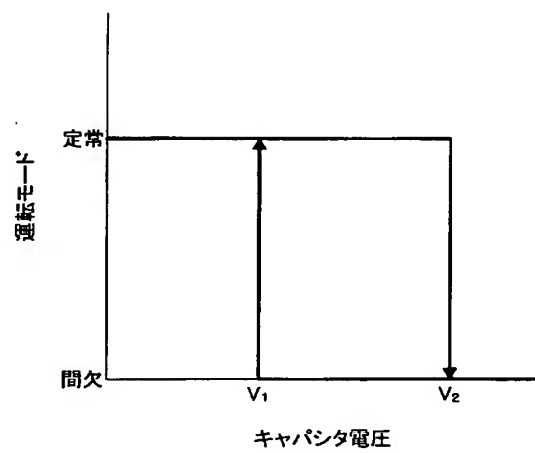
【図2】



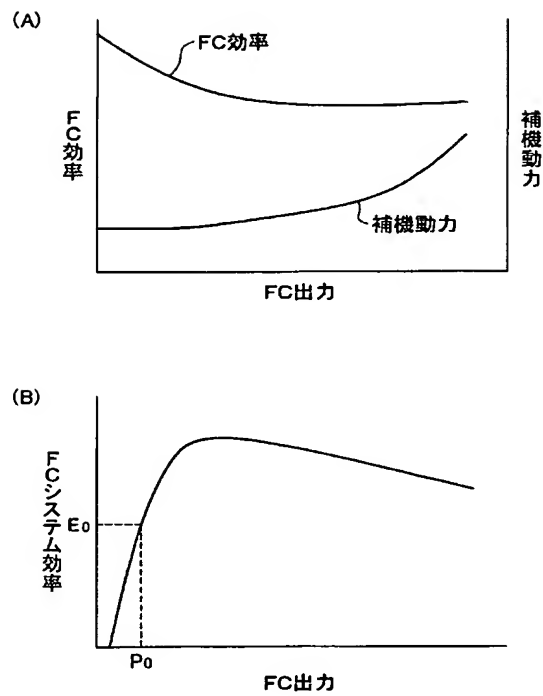
【図3】



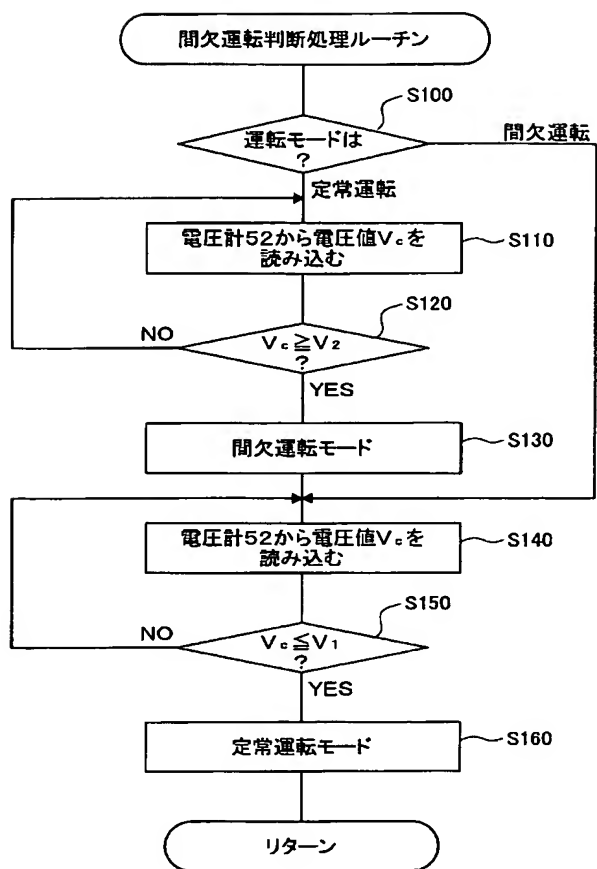
【図7】



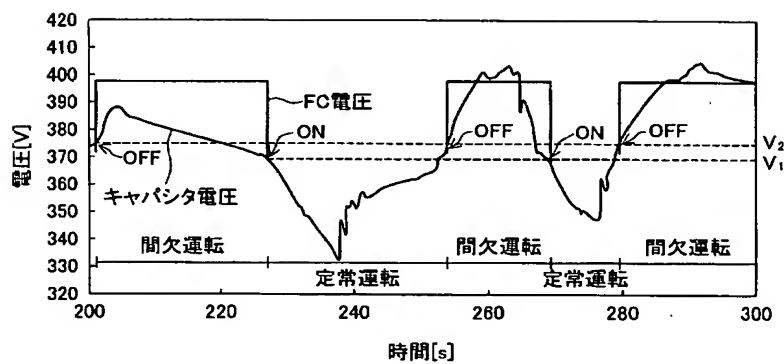
【図4】



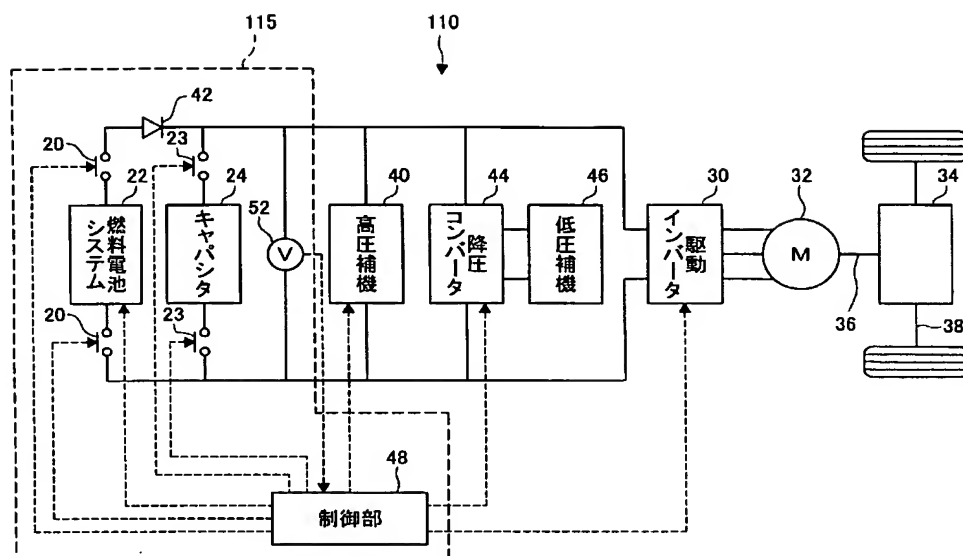
【図5】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5H007 BB06 BB07 CB02 CC12 DC05  
 5H026 AA06  
 5H027 AA06 BA13 DD03 KK51 MM26  
 5H115 PA11 PC06 PG04 PI11 PI14  
 PI16 PI18 PI29 PI30 PO02  
 PO06 PO17 PU10 PV02 PV09  
 PV23 QA02 QE01 QE02 QE08  
 QE09 QE10 QI04 QN02 RB08  
 SE04 SE06 TI02 TI05 TI06  
 TI10 TO12 TO13 TO21 TO23